氯氟氰菊酯与阿维菌素增效混配制剂对美洲斑潜蝇的防治效果

曾益良[1]，王大生[2]，秦小薇[1]，康 乐[1]，张文吉[3]，王同顺[4]，王宝瑛[5]，廖淙族[6]
（1．农业虫鼠害综合治理研究国家重点实验室，中国科学院动物研究所，北京 100080；2．中国科学院农业项目办公室，北京 100864；3．中国农业大学应用化学学院，北京 100094；4．山东青州植保站，青州 262500；5．北京海淀植保站，北京 100080；6．中国农科院济民生物环境公司，北京 100081）

摘要：低毒化学杀虫剂氯氟氰菊酯与生物源农药阿维菌素混配，通过其对美洲斑潜蝇室内毒力实验，测定共毒系数 CTC 为 161～232，处于明显增效范围内。据此确定最佳配比，配制此增效混剂 2%渗透型可湿性粉剂。在北京、山东两地防治美洲斑潜蝇幼虫的田间试验表明药效优良，制剂用量 50 g/667m² 药后 3、7、11 天两地区校正防效分别为 85.26%～90.76%和 86.74%～94.02%，制剂用量 25 g/667m² 两地区相应防效分别为 75.28%～85.17%、79.96%～88.68%。该增效混剂防治斑潜蝇速效性和持效性皆佳，成本有所下降，使用可湿粉与乳油相比较，可减少投放入环境的化学品数量，以减少环境污染。

关键词：美洲斑潜蝇；防治；氯氟氰菊酯；阿维菌素；增效；混剂
中图分类号：Q965.9 **文献标识码**：A **文章编号**：0454-6296（2002）06-0753-06

The efficacy of a synergistic mixture of cyhalothrin and abamectin in the control of *Liriomyza sativae* Blanchard

ZENG Yi-Liang[1]，WANG Da-Sheng[2]，QIN Xiao-Wei[1]，KANG Le[1]，ZHANG Wen-Ji[3]，WANG Tong-Shun[4]，WANG Bao-Ying[5]，LIAO Cong-Zu[6]（1．State Key Laboratory of Integrated Management of Pest Insects and Rodents，Institute of Zoology，Chinese Academy of Sciences，Beijing 100080，China；2．Office of Agricultural Projects，Chinese Academy of Sciences，Beijing 100864，China；3．College of Applied Chemistry，China Agricultural University，Beijing 100094，China；4．Station of Plant Protection，Qingzhou City，Shandong Province，Qingzhou 262500，China；5．Station of Plant Protection，Haidian，Beijing 100080，China；6．Qimin Company of Biological Environment Technology，Beijing 100081，China）

Abstract：The co-toxicity and co-efficiency（CTC）of a mixture of abamectin as a biological pesticide and cyhalothrin as a chemical insecticide with low toxicity to mammals was determined with respect to *Liriomyza sativae* Blanchard．CTC of this mixture was equal to 161－232 in a range of marked synergism．According to the maximum of the proper proportion of cyhalothrin to abamectin，a 2% permeated WP synergistic formulation was manufactured．In the field trials the efficacy of this 2% WP against *L．sativae* larvae was excellent in both Shandong and Beijing districts．For example，at an application rate of 50 g/667m²，corrected mortality in each zone after 3，7 and 11 days was 85.26%－90.76% and 86.74%－94.02% respectively．At 25g/667m² the corresponding control effects were 75.28%－85.17% and 79.96%－88.68% respectively．This synergistic mixture was fast acting，had good residual performance and was relatively cost effective．Another advantage of using WP over EC pesticides is that a markedly less amount of chemicals are released into the environment，thereby decreasing pesticide pollution．

Key words：*Liriomyza sativae* Blanchard；control；cyhalothrin；abamectin；synergistic；mixture

近年来我国斑潜蝇（*Liriomyza* spp．）已由次要害虫上升为蔬菜主要害虫之一，在我国北方地区危害的斑潜蝇属害虫主要是美洲斑潜蝇 *Liriomyza sativae* Blanchard（康乐，1996；王福祥等，1998）。在单剂药效筛选的基础上（曾益良等，2001），参考国外防治用药情况（Johnson *et al*．，1980；Leibee，

基金项目：国家应急项目（96-005-01-12）；中国科学院重点项目（NK96-05-31）
作者简介：曾益良，男，1942 年 3 月生，研究员，从事农药生物化学研究，E-mail：zengyl@panda.ioz.ac.cn
收稿日期 Received：2002-03-26；接受日期 Accepted：2002-06-26

1988；Cox，1995），选用各类常用低毒化学杀虫剂与生物源农药阿维菌素混配，并酌加适量渗透助剂，通过室内毒力和田间药效等试验，筛选出一系列对美洲斑潜蝇防治药效优良的增效制剂。本文叙述氯氟氰菊酯与阿维菌素渗透型可湿性粉剂对美洲斑潜蝇的防治效果。

1 材料与方法

1.1 混剂原料

微生物源农药96.5%阿维菌素原药，由浙江海门化工有限公司提供。94.3%氯氟氰菊酯原药，由红太阳集团南京第一农药厂提供。毒力测定的单剂和混剂采用TritonX-100为乳化剂，丙酮为溶剂。京七渗透助剂（菊酯专用），由中国农科院齐民生物环境公司提供。2%氯氟氰菊酯•阿维菌素混配制剂渗透型可湿性粉剂，由中科院动物所确定配方，委托齐民公司以改进技术加工配制。

1.2 生物活性测定

1.2.1 对美洲斑潜蝇的室内活性测定：以室内长期饲养的美洲斑潜蝇敏感品系为对象，以盆栽土培豆苗为饲养基质，室内温度25±1℃，实验时以1~3龄幼虫作材料。

1.2.2 致死中浓度和共毒系数的测定：采用浸叶法，将供试药剂稀释成5个浓度，将具有存活斑潜蝇幼虫的叶片在药液中浸泡2 s，滤纸吸干后叶片置入恒温保湿的培养皿内，48 h后检查死亡率。每个处理取10片豆叶，每个处理3次重复，每一重复取用10~15头幼虫。将数据输入CASIO计算机进行分析，按生物统计常规计算方法，列出毒力回归方程。计算出单混剂的致死中浓度（含95%置信限）和混剂的共毒系数。

1.2.3 对美洲斑潜蝇的田间药效试验：（1）试验设计和施药方法：1999年7月，在山东青州和北京海淀蔬菜种植区，寄主植物为黄瓜（盛果期），试验设2%氯氟氰菊酯•阿维菌素可湿粉18.7、25、50 g/667m^2，2.5%氯氟氰菊酯EC 25 g/667m^2，1%阿维菌素EC 25 g/667m^2，和清水对照6个处理。4次重复，小区随机排列，小区面积山东为20 m^2，北京为30 m^2，用工农-16喷雾器均匀喷雾，亩用兑水药液50 kg。（2）调查方法和数据处理：每小区固定10株，山东试区每株固定上部2片展开叶，北京试区每株固定上部1片展开叶，施药前调查固定叶片上的活虫数，并作标记；施药后3、7、11天调查标记内活虫数和新增添活虫数，并逐次做标记。在每一标定叶上的蛀道顶端标定位置，检查蛀道如已延伸超过标定位置，确定幼虫为存活，反之视为死亡。按生物统计常规计算方法，计算出虫口减退率和校正防治效果，用DMRT法计算同一次试验多重处理间1%和5%水平的差异显著性，校正防效分析前经arcsin $(x)^{1/2}$转换。

2 结果

2.1 室内毒力测定与分析

氯氟氰菊酯与阿维菌素不同配比的混剂对美洲斑潜蝇的致死中浓度和共毒系数结果见表1。

表1 氯氟氰菊酯、阿维菌素及其混剂对美洲斑潜蝇的毒力

Table 1 Toxicity of cyhalothrin, abamectin and mixtures of these compounds to *L. sativae*

药剂 Insecticides	毒力回归式 Regression equation ($y=a+bx$)	致死中浓度（95%置信限） Lethal media concentration (95% CL) LC_{50} (μg/mL)	共毒系数 Co-toxicity co-efficiency CTC
氯氟氰菊酯 cyhalothrin	$y=3.9307+1.3084x$	6.6705 (4.5317~9.7602)	–
阿维菌素 abamectin	$y=4.9663+1.2374x$	1.0892 (1.1136~1.5304)	–
氯氟氰菊酯•阿维菌素 cyhalothrin•abamectin (1:1)	$y=5.0985+0.9985x$	0.8059 (0.5527~1.2895)	232
氯氟氰菊酯+阿维菌素 cyhalothrin•abamectin (4:1)	$y=4.7561+1.6756x$	1.4061 (1.2307~1.9468)	234
氯氟氰菊酯+阿维菌素 cyhalothrin•abamectin (8:1)	$y=4.2194+1.5908x$	2.2253 (1.4839~2.7164)	161

注 Note：3次重复 Mean of three duplicates

表 2 2%氯氟氰菊酯·阿维菌素 WP 对美洲斑潜蝇的防治效果(1999)

Table 2 Efficacy of 2% cyhalothrin·abamectin WP to *L. sativae* in field experiments (1999)

药剂 Treatment	用量 Application rate ($g/667m^2$)	药前基数 Number of larvae counted	残虫数 Surviving individuals			虫口减退率(%) Rate of decline(%)			校正防效(%) Corrected mortality(%)			试验地点 Test district
			3 d	7 d	11 d	3 d	7 d	11 d	3 d	7 d	11 d	
2%氯氟氰菊酯·阿维菌素 WP	50	148.75	22.50	14.50	15.50	84.87	90.25	89.58	85.26 ± 1.52 a A	90.76 ± 1.82 a A	90.52 ± 1.61 a A	山东青州 Qingzhou, Shandong Province
2% cyhalothrin·abamectin WP	25	135.00	34.25	22.00	22.00	74.53	83.70	83.70	75.28 ± 2.11 b B	84.55 ± 1.89 b B	85.17 ± 2.14 b B	
	18.7	142.75	44.00	33.00	33.25	68.18	76.88	76.71	69.98 ± 1.07 c C	78.08 ± 1.45 c C	78.81 ± 1.87 c C	
2.5%氯氟氰菊酯 EC	25	143.50	50.50	100.25	103.25	63.80	28.26	25.12	64.81 ± 0.52 e E	31.98 ± 0.81 d D	32.78 ± 0.95 d D	
2.5% cyhalothrin EC												
1%阿维菌素 EC	25	139.50	34.00	13.50	13.25	66.78	90.36	90.53	67.64 ± 1.92 d C	90.86 ± 2.14 a A	91.33 ± 1.18 a A	
1% abamectin EC												
CK		146.25	145.75	14.95	155.25							
2%氯氟氰菊酯·阿维菌素 WP	50	29.25	5.00	5.00	5.75	82.2	82.4	80.1	86.74 ± 2.16 a A	94.02 ± 0.42 a A	92.37 ± 1.65 a A	北京海淀 Haidian, Beijing
2% cyhalothrin·abamectin WP	25	34.00	8.00	9.50	10.00	77.3	73.04	70.6	79.96 ± 1.19 b B	88.27 ± 1.25 b B	88.68 ± 0.73 b B	
	18.7	32.75	10.50	14.00	14.00	66.6	53.6	53.7	69.47 ± 3.23 c C	78.51 ± 2.69 c C	80.64 ± 3.65 d D	
2.5%氯氟氰菊酯 EC	25	25.00	4.00	12.75	26.50	84.1	46.16	-9.00	87.53 ± 1.96 a A	79.23 ± 1.57 c C	63.48 ± 3.11 e E	
2.5% cyhalothrin EC												
1%阿维菌素 EC	25	43.00	34.00	32.50	16.75	27.7	26.8	60.4	34.16 ± 3.45 d D	70.44 ± 0.62 d D	85.12 ± 2.94 c C	
1% abamectin EC												
CK		38.75	43.00	93.00	106.75							

注：试验数据为 4 次重复取平均值。处理之间的显著性用“DMRT”法检测，同列数据之间差异显著性比较，小写字母代表 $P = 0.05$ 水平，大写字母代表 $P = 0.01$ 水平，字母相同者表示差异不显著。

Note: Mean of four duplicates. Data were analyzed with the Duncan's multiple range test between treatments. Values followed by the different capital letters in the same column are significantly different($P < 0.01$); Values followed by different small letters are significantly different($P < 0.05$)

2.2 对美洲斑潜蝇的防治效果

氯氟氰菊酯与阿维菌素渗透型可湿性粉剂对美洲斑潜蝇田间防治效果见表2。

2.3 相同含量和配比的混剂不同剂型的防治效果比较

氯氟氰菊酯与阿维菌素混配总含量和配比比例相同的不同剂型，即2%渗透型EC和2%渗透性WP对美洲斑潜蝇防治效果的比较见表3。

表3 2%氟氯氰菊酯·阿维菌素乳油与其可湿性粉剂对美洲斑潜蝇防治效果的比较

Table 3 Comparison of effectiveness between 2% cyhalothrin·abamectin EC and 2% cyhalothrin·abamectin WP in controlling *L. sativae* in the field

药剂 Treatment	用量 Application rate ($g/667m^2$)	校正防效 Corrected mortality (%)		
		3 d	7 d	11 d
2%氯氟氰菊酯·阿维菌素 EC	50	91.34±0.35	92.06±0.64	92.71±0.57
2% cyhalothrin·abamectin EC	25	86.07±1.21	88.32±1.17	88.79±2.98
	18.7	75.82±2.14	83.87±1.69	84.51±1.87
	50	94.01±1.78	93.15±1.76	94.48±2.45
	25	86.54±1.69	90.57±1.47	90.51±1.15
	18.7	76.52±1.17	89.56±1.09	87.23±0.59
2%氯氟氰菊酯·阿维菌素 WP	50	85.26±1.52	90.76±1.82	90.52±1.61
2% cyhalothrin·abamectin WP	25	75.28±2.11	84.55±1.89	85.17±2.14
	18.7	69.98±1.07	78.08±1.45	78.81±1.87
	50	86.74±2.16	94.02±0.42	92.37±1.65
	25	79.96±1.19	88.27±1.25	88.68±0.73
	18.7	69.47±3.23	78.51±2.69	80.64 ± 3.65

注 Note：4次重复取平均值，寄主是黄瓜 Mean of four duplicates，with cucumber as host

3 讨论

3.1 室内毒力

作者自20世纪90年代中期承担国家应急项目"危险性检疫害虫美洲斑潜蝇的发生规律和防治策略研究"（北片）药剂防治部分，经3年时间已经进行了包括化学农药和生物农药在内的各类杀虫剂单剂50多个品种药效筛选试验，从中选择了一批防治效果好的杀虫剂单剂品种。但是发现美洲斑潜蝇对部分化学杀虫剂特别是拟除虫菊酯类杀虫剂抗药性增长很快，而微生物杀虫剂阿维菌素对斑潜蝇幼虫前期乃至前中期药效不够理想且成本很高。为了保持对美洲斑潜蝇的优良药效，并降低制剂成本，作者尝试从化学农药氯氟氰菊酯与生物源农药阿维菌素增效混配并辅以渗透助剂，通过该两元单剂的不同配比找出最佳增效配比，以确定混配制剂配比组分。

以氯氟氰菊酯与阿维菌素（1～8）：1的比例（C＞B＞A）进行了三个比例组分的毒力试验。测定诸混剂对斑潜蝇幼虫致死中浓度 LC_{50} 和共毒系数CTC，测得共毒系数为161～234（表1），表明在此两元配比范围内混配对防治斑潜蝇有明显的增效作用，尤其是该菊酯与阿维菌素1:1和4:1范围内更为显著。

3.2 最佳增效比

制剂根据最佳增效配比、成本核算、市场销售、习惯用药量等影响因数，最终确定共毒系数为234的4:1配方为最佳增效比，配制相应制剂2%氯氟氰菊酯·阿维菌素渗透型可湿性粉剂。

3.3 田间防治效果

2%氯氟氰菊酯·阿维菌素可湿粉对美洲斑潜蝇的药效试验结果表明（表2），在一定单位面积用量范围内，该混剂以药后3、7、11天校正防治效果衡量，对斑潜蝇防效显著优于氯氟氰菊酯和阿维菌素乳油两个单剂，例如该混剂用量为50 $g/667m^2$

药后 3、7、11 天其校正防效山东和北京分别为 85.26%、90.76%、90.52% 和 86.74%、94.02%、92.37%，用量为 25 g/667m² 相应防效两地分别为 75.28%、84.55%、85.17% 和 79.96%、88.27%、88.68%。两个对照药剂中，2.5%氯氟氰菊酯 EC 用量为 25 g/667m² 相应防效分别为 64.81%、31.98%、32.78% 和 87.53%、79.23%、63.48%，1%阿维菌素 EC 相同用量相应防效分别为 67.64%、90.86%、91.33% 和 34.16%、70.44%、85.12%。混剂单位面积用量既使低至 18.7 g/667m²，其相应防效虽不够理想，分别为 69.98% ~ 78.81%和 69.47% ~ 80.64%，但仍显著优于对照药剂 2.5%氯氟氰菊酯 EC 25 g/667m² 药后 3、7、11 天防效和 1%阿维菌素 EC 25 g/667m² 药后 3 天的防效。如以 85%校正防效作为药效优良的衡量标准，在使用量为 25 ~ 50 g/667m² 范围内，该混剂可湿粉总体表现为药效优良，故在推广应用中 2%氯氟氰菊酯•阿维菌素渗透型可湿粉剂适宜用量为 25 ~ 50 g/667m²。以上数据表明 2%氯氟氰菊酯•阿维菌素防治美洲斑潜蝇速效性和持效性皆佳。

3.4 相同含量和配比的混剂不同剂型的防治效果比较

2%氯氟氰菊酯•阿维菌素乳油与其可湿性粉剂对美洲斑潜蝇防治效果比较见表 3。

2%氯氟氰菊酯•阿维菌素乳油的试验数据取自小试鉴定（中科院动物研究所，1999），使用量为 50 g/667m²，山东和北京两地药后 3、7、11 天校正防效分别为 91.34% ~ 92.71% 和 93.15% ~ 94.48%，同样使用量可湿粉相应防效分别为 85.26% ~ 90.76% 和 86.74% ~ 94.02%。使用量 25 g/667m² 时乳油防效分别为 86.07% ~ 88.79% 和 86.54% ~ 90.57%，可湿粉相应防效分别为 75.28% ~ 85.17% 和 79.96% ~ 88.68%。可见这两个不同制剂在相同使用量的一定范围内对美洲斑潜蝇大体上均药效优良。

3.5 不同剂型选择使用对环境保护的影响

从表 3 可以看出，2%氯氟氰菊酯•阿维菌素乳油制剂对斑潜蝇的防治效果大体上优于 2%可湿粉制剂，因 2%混剂乳油用量低至 18.7 g/667m² 时两地药后 3 ~ 11 天防效仍为 75.82% ~ 84.51% 和 76.52% ~ 87.33%，仍能大体上保持优良药效水平，而 2%可湿粉相应防效仅为 69.98% ~ 78.81% 和 69.47% ~ 80.64%，在使用剂量低至 18.7 g/667m² 时可湿性粉剂已不适用于斑潜蝇的有效防治。但另一方面乳油构成使用了大量的有机溶剂给农田使用环境造成了一定程度的污染，故而逐步限制使用乳油这一传统剂型也将于近期列入我国农药化工管理部门议事日程，而渗透型的可湿型粉剂用对环境基本无害的无机加工材料作为分散载体，有利于环境保护，应发展包括新型可湿粉在内的多种环保新制剂。

3.6 扩展杀虫谱

2%氯氟氰菊酯•阿维菌素可湿粉经农药毒理学特性中之急性毒性测定（详见另文，中科院动物研究所，1998），急性经口致死中量 LD_{50} > 500 mg•kg⁻¹大白鼠，急性经皮致死中量 LD_{50} > 2 000 mg•kg⁻¹大白鼠，属于低毒农药，使用安全，特别适合于蔬菜、水果、烟草、油料、药材等经济作物的害虫防治。且制剂稳定性高，按农药登记的要求该混剂冷贮和热贮分解率在正常允许范围内（中科院动物所，1998）。此混剂持效期适中，施药后药效高峰期为药后 10 ~ 15 天，整个有效残效期为 25 天左右，故既能维持中程优良药效，又能及时降解，有利于环境保护（Cox，1995；中科院动物所，1998；王福祥等，1998）。

本混配制剂也可用于防治斑潜蝇属害虫南美斑潜蝇 *L. huidobrensis*。针对我国蔬菜主要害虫如斑潜蝇、甜菜夜蛾、小菜蛾和菜青虫，也可用于上述害虫的有效防治。特别是作者已进行了包括氯氟氰菊酯•阿维菌素混剂在内的各类中低毒化学杀虫剂和阿维菌素混配制剂对甜菜夜蛾防治效果的比较试验。药剂筛选的结果表明 2%氯氟氰菊酯•阿维菌素混剂对该害虫药效优良，试验结果将另文发表。

致谢 王成菊副研究员参与室内毒力试验，红太阳集团南京第一农药厂提供经费支持，特此致谢。

参 考 文 献 (References)

Cox D L, 1995. Toxicity of avermectin to *Liriomyza trifolii* (Diptera: Agromyzidae) larvae and adults. *J. Econ. Entomol.*, 88 (5): 1 415 – 1 419.

Institute of Zoology, Chinese Academy of Sciences, 1998. A identification of cyhalothrin•abamectin synergistic mixture in the primary scale. [中国科学院动物研究所，1998. 氯氟氰菊酯•阿维菌素混剂小试鉴定]

Johnson M W, Oatman E R, Wyman J A, van Steenwyk R A, 1980. Effects of insecticides on populations of the vegetable leafmines and associated parasites on summer pole tomatoes. *J. Econ. Entomol.*, 73 (1): 61 – 66.

Kang L, 1996. Ecology and Sustainable Control of Serpentine Leafminer.

Beijing: Science Press. 1－13.［康乐，1996. 斑潜蝇的生态学与持续控制. 北京：科学出版社. 1－13］

Leibee G L，1988. Toxicity of abamectin to *Liriomyza trifolii*（Burgese）（Diptera：Agromyzidae）. *J. Econ. Entomol.*，81（2）：738－740.

Wang F X，Zhao S Q，Li Y J，Song J K，1998. The control effect of 14 insecticides to *Liriomyza sativae* Blanchard. *Plant Quanantine*，12（6）：326－329.［王福祥，赵守歧，李永尖，宋健科，1998. 14种农药对美洲斑潜蝇的防治效果. 植物检疫，12（6）：326－329］

Zeng Y L，Kang L，Qin X W，Ren L K，Song J K，2001. Efficacy of pyrethroid insecticide to *Liriomyza sativae* Blanchard（Diptera：Agromyzidae）. *Pesticide*，40（4）：23－24.［曾益良，康乐，秦小薇，任连奎，宋健科，2001. 拟除虫菊酯类杀虫剂对美洲斑潜蝇的防治效果. 农药，40（4）：23－24］

Zeng Y L，Kang L，Qin X W，Wang D S，Zhang W J，Wang J，Wang T S，Liao C Z，2002. The efficacy of the synergistic mixtures of chlorpyrifos and abamectin in controlling leafminers *Liriomyza* spp. *Acta Entomol. Sin.*，45（5）：603－610.［曾益良，康乐，秦小薇，王大生，张文吉，王杰，王同顺，廖淙族，2002. 毒死蜱与阿维菌素增效混配制剂对斑潜蝇属害虫的防治效果. 昆虫学报，45（5）：603－610］